

DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y MEDIDA DE UN REFLECTARRAY PARA ANTENA TERMINAL EN BANDA KA

J. A. Encinar, M. Barba

jose.encinar@upm.es, mbarba@etc.upm.es

Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos, Universidad Politécnica de Madrid
ETSI Telecomunicación, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid

Abstract- This contribution describes the design, manufacturing and test of a printed reflectarray for a Ka-band terminal antenna. The reflectarray has been designed to produce a focused beam at 30 GHz (uplink) in V polarisation and also at 20 GHz (downlink) in H polarisation. Two separate feeds are used to illuminate the reflectarray for H (20 GHz) and V polarisation (30GHz). The reflectarray element is made of two stacked varying-sized patches, being one dimension adjusted to focus the beam at 20 GHz in H polarization, and the other to focus the 30 GHz beam in V-polarization. A breadboard has been manufactured and tested. The measured radiation patterns show very good agreement with those obtained from the simulations. A 10% bandwidth has been obtained in both frequency bands, with an antenna efficiency of 62% at 30 GHz and 70% at 20 GHz.

I. INTRODUCCIÓN

Recientemente se han propuesto diferentes sistemas de satélites en banda Ka (20-30 GHz) para ofrecer servicios de comunicaciones de banda ancha y acceso a Internet a alta velocidad [1-2]. Los sistemas en banda Ka tienen asignada una banda de 500MHz, por ejemplo 29.5-30GHz para el haz ascendente y 19.7-20.2 GHz para el descendente. Estos satélites iluminan la región geográfica de interés con multitud de haces circulares, empleando reutilización de frecuencias.

Los terminales en banda Ka, ya sean fijos o móviles, requieren de unas antenas de alta ganancia, dimensiones reducidas y bajo coste. En principio, las antenas podrían ser reflectores convencionales para mantener unos costes reducidos. Teniendo en cuenta que la recepción y transmisión se realiza a frecuencias muy separadas (20 y 30 GHz, respectivamente), la solución más sencilla sería emplear 2 alimentadores distintos, uno para recepción y otro para transmisión, y un único reflector. Sin embargo, dicha solución no es posible empleando un reflector, puesto que sería imposible apuntar los dos haces simultáneamente al encontrarse los alimentadores en posiciones distintas. Por lo tanto, sería necesaria una única bocina que ilumine el reflector en ambas frecuencias. Dicha solución es compleja, costosa, y presenta dificultades de realización, puesto las bocinas de frecuencia dual tienen centros de fase distintos para cada frecuencia, lo que provocaría una reducción de la ganancia de la antena.

Si se considera que la transmisión y la recepción se realiza en polarizaciones lineales ortogonales, la antena puede utilizar dos alimentadores independientes empleando la tecnología de reflectarrays impresos [3-4], pues las dimensiones de los parches en el reflectarray pueden diseñarse de forma independiente para cada polarización y para cada haz [5].

Una antena del tipo reflectarray consiste en un agrupamiento, o array, de elementos impresos sobre un sustrato dieléctrico con plano de masa, donde la fase del campo reflejado en cada elemento se ajusta para enfocar o conformar un haz cuando el array se ilumina mediante un alimentador. El ajuste de fase en cada elemento puede realizarse de diferentes formas, siendo una de las más usuales la variación de la longitud resonante de los elementos impresos [3]. En la Fig.1(a), se muestra la celda unidad de un elemento de reflectarray con dos parches rectangulares apilados sobre un plano de masa, donde el ajuste de la fase del campo reflejado se realiza variando las dimensiones de ambos parches. La configuración con dos capas permite obtener un mayor ancho de banda, como ha sido demostrado en [4].

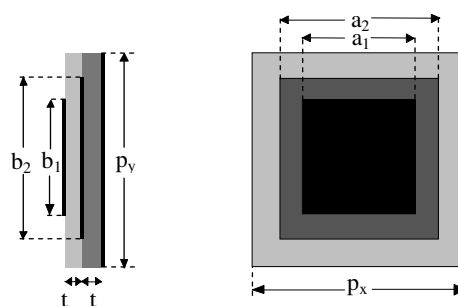


Fig. 1. Celda unidad para un reflectarray de dos capas.

En este trabajo se presenta el diseño, construcción y medida de un reflectarray en frecuencia dual para los enlaces ascendente y descendente para una antena terminal de banda Ka. El demostrador consiste en un reflectarray de dos capas con parches de tamaño variable, de manera que las dimensiones a_1 , a_2 se ajustan para enfocar el haz a 20 GHz en polarización H y b_1 , b_2 para enfocar el haz a 30 GHz en polarización V.

II. DISEÑO DEL DEMOSTRADOR

Se ha diseñado un reflectarray para producir un haz de 30 dBi de ganancia a 20 GHz en polarización H y un haz de 33 dBi en polarización V. Se emplean dos alimentadores separados, uno para cada frecuencia y polarización, como se muestra en la figura 2. Como alimentadores se han empleado bocinas piramidales de 15 dB de ganancia de la marca Narda (modelos 638 para 20 GHz y V637 para 30 GHz). El diagrama de radiación de dichas bocinas se ha modelado como una función $\cos^q(\theta)$, con un factor de $q=10.5$ para 20 GHz y $q=10.7$ a 30 GHz. La posición de cada alimentador se define mediante las coordenadas en mm de su centro de fase con respecto al centro del reflectarray, ver Fig.2. La bocina de banda K se coloca en las coordenadas (-85, 0, 180) apuntando al punto de coordenadas (-15.9, 0, 0), mientras que la bocina de banda Ka esta situada en el punto (-40, 0, 195) y apunta a (-5.62, 0, 0). A pesar de la distinta posición de los dos alimentadores, el reflectarray se diseña para que el haz se radie en la dirección de 20° con respecto al eje Z, en ambas bandas. Para ello el reflectarray debe introducir a 20 GHz la distribución de fase mostrada en la Fig. 3.a para polarización H (con el campo eléctrico en la dirección del eje X), y a 30 GHz la mostrada en la Fig. 3.b para polarización V (con el campo eléctrico en la dirección del eje Y).

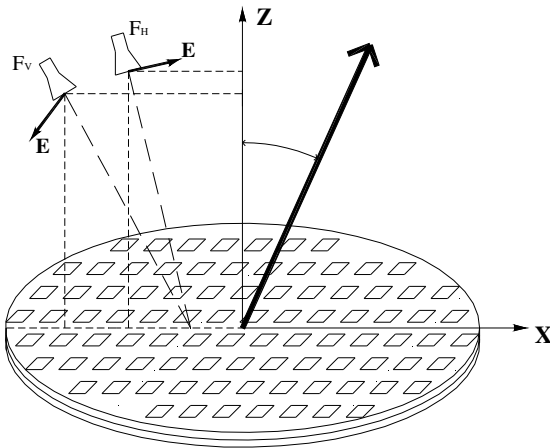


Fig. 2. Reflectarray con dos bocinas independientes

El desfase apropiado en cada elemento del reflectarray se obtiene ajustando las dimensiones de los dos parches apilados. Los parches se encuentran impresos sobre un sustrato comercial (CuClad 233LX), de espesor 0.787 mm, constante dieléctrica relativa $\epsilon_r = 2.33$ y tangente de pérdidas $\tan\delta = 0.0012$. Las dos capas se pegan con una película adhesiva de 37 micras de espesor, $\epsilon_r = 2.32$ y $\tan\delta = 0.0012$.

El reflectarray se diseña ajustando las dimensiones de los parches de forma independiente para cada polarización y cada alimentador, es decir las dimensiones horizontales (a_1 , a_2) se ajustan para enfocar el haz a 20 GHz y las verticales (b_1 , b_2) para el haz a 30 GHz. Gracias a que la fase se ajusta de forma independiente para cada frecuencia, se pueden utilizar dos alimentadores separados y enfocar los dos haces en la misma dirección. Nótese que esto no sería posible con reflectores convencionales.

Las dimensiones de los parches se ajustan en cada elemento hasta obtener los valores especificados de fase en cada frecuencia y polarización, siguiendo un procedimiento iterativo que llama a una rutina de análisis, como se describe en [4] y [5]. La rutina de análisis se basa en el Método de los Momentos en dominio espectral y en la aproximación de periodicidad local, en donde cada elemento se analiza teniendo en cuenta el ángulo de incidencia y suponiendo que se encuentra en un entorno periódico. Esta técnica ha demostrado ser muy eficiente y exacta [5]. Una vez obtenidas las dimensiones de todos los parches, se generan las máscaras de fotograbado y se realiza el grabado de los parches mediante técnicas convencionales de circuitos impresos.

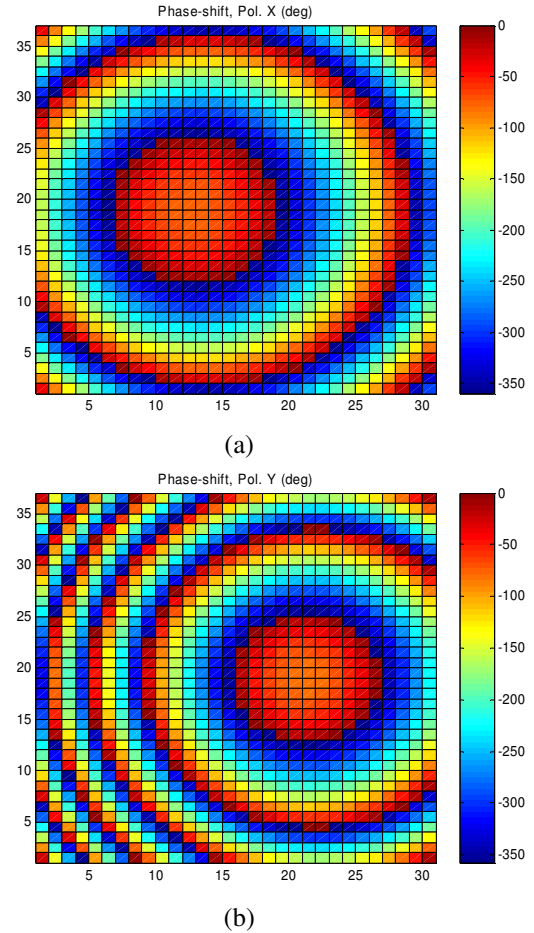


Fig. 3. Distribución de fase que debe introducir el reflectarray. (a) a 20 GHz en polarización H. (b) a 30 GHz en polarización V.

III. RESULTADOS

Se ha construido el demostrador, incluyendo una estructura que soporta los dos alimentadores como se muestra en la figura 4, y se ha medido en cámara anecoica. Los diagramas 3D medidos en directividad (dBi) pueden verse en la figura 5 para las frecuencias centrales de recepción y transmisión. Los diagramas de radiación medidos muestran una excelente concordancia con las simulaciones obtenidas mediante las herramientas de análisis y diseño descritas en [4] y [5]. La comparación entre simulaciones y medidas en los planos principales se muestra en la figura 6 para 20 GHz y en la figura 7 para 30 GHz, donde se incluyen las componentes co-polar y contra-polar de los diagramas de radiación.

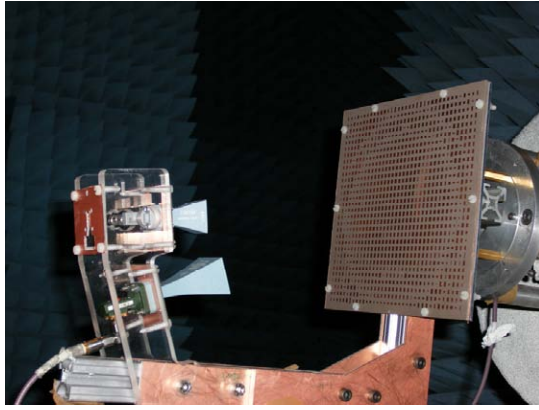


Fig. 4. Prototipo construido de antena en banda Ka

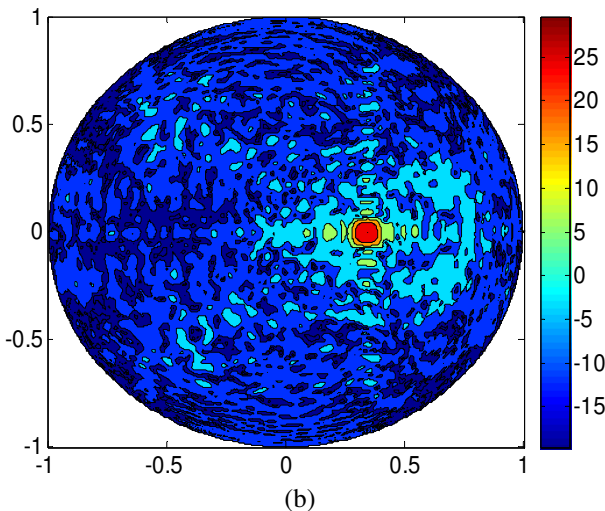
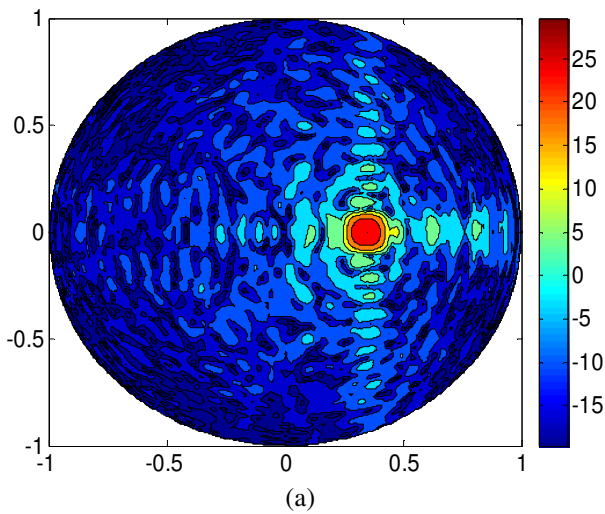


Fig. 5. Diagramas medidos en directividad. (a) Polarización H a 20 GHz, (b) polarización V a 30P GHz

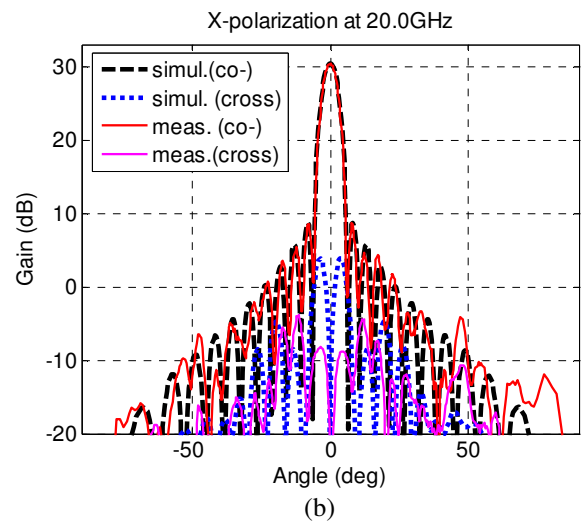
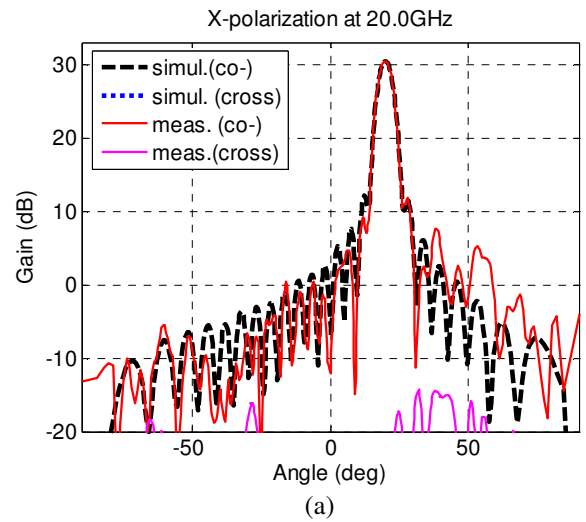


Fig. 6. Diagramas medidos y calculados a 20 GHz en los planos principales. (a) Plano XZ, (b) Plano perpendicular al XZ formando 20° con el eje Z.

Se ha medido la ganancia por comparación con una bocina patrón, y ha resultado un valor de 32.91 dBi a 30 GHz y de 30.03 dBi a 20 GHz. Estos valores representan una eficiencia de apertura del 70% a 30 GHz y de 62% a 20 GHz. La ganancia se mantiene muy estable, entre 29.4 y 30.5 dBi en el rango de frecuencias 18-22GHz, y con variaciones de 32 a 32.91dBi en el rango de frecuencias 27.4-31.4 GHz. Este ancho de banda es suficiente para este tipo de antenas terminales en banda Ka.

IV. CONCLUSIONES

Se ha diseñado, construido y medido un reflectarray de 18-cm de lado para antena terminal en banda Ka. Los diagramas de radiación medidos muestran un excelente comportamiento, en una banda superior al 10% en las bandas de transmisión y de recepción, con una ganancia de 30 y 33 dBi a 20 y 30 GHz, respectivamente. Dichos resultados, muestran que la tecnología de reflectarrays puede ser una alternativa tecnológica para antenas terminales de banda Ka de alta ganancia y bajo coste.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España mediante el proyecto MEC TEC 2004-02155.

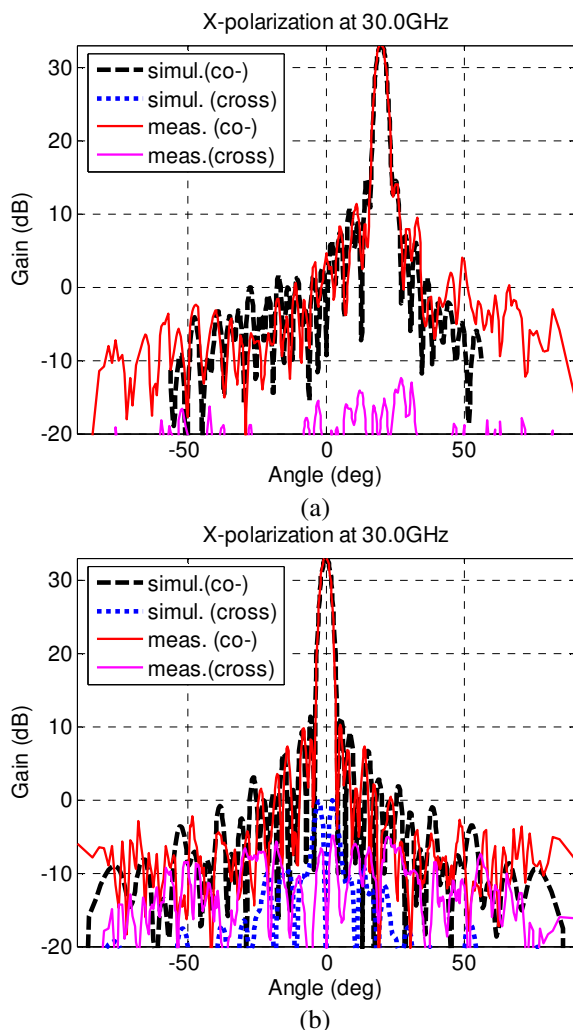


Fig. 7. Diagramas medidos y calculados a 30 GHz en los planos principales.
(a) Plano XZ, (b) Plano perpendicular al XZ formando 20° con el eje Z.

REFERENCIAS

- [1] F. Gargione, T. Iida and F. Vatalaro, "Services, technologies, and systems at Ka Band and beyond-A Survey," IEEE J. 1. AREAS COM., Vol. 17, no. 2, pp. 133-144, Feb. 1999.
- [2] M.E. Bever et al., "Advanced Broadband Satellite Digital Communication System for the Emerging Ka-Band Market," TRW's Technology Review Journal, Vol. 9, No. 2, Fall/Winter 2001, pp. 1-18.
- [3] D. M. Pozar, T. Metzler, 'Analysis of a Reflectarray Antenna Using Microstrip Patches of Variable Size', Electronic Letters, 15th April 1993 Vol. 29 No. 8, pp. 657-658
- [4] J.A. Encinar, "Design of Two-Layer Printed Reflectarrays Using Patches of Variable Size", IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 49, No. 10, pp.1403-14010, October 2001.
- [5] J. A. Encinar, et al . "Dual-Polarization Dual-Coverage Reflectarray for Space Applications", IEEE Trans. on Antennas and Propag., vol. 54, pp. 2827-2837, Oct. 2006.